

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.14

Соискатель: Ковалев Николай Владиславович

Тема диссертации: Качественный и асимптотический анализ динамики некоторых квазиконсервативных систем

Специальность: 01.02.01 – «Теоретическая механика»

Решение диссертационного совета по результатам защиты: На заседании 27 декабря 2019 года, протокол № 20, диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Ковалева Н. В. «Качественный и асимптотический анализ динамики некоторых квазиконсервативных систем» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Ковалеву Николаю Владиславовичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

Присутствовали: Красильников П.С. – *председатель*, Колесник С.А. – *ученый секретарь*, а также члены диссертационного совета: Холостова О.В., Бардин Б.С., Косенко И.И., Котельников В.А., Котельников М.В., Маркеев А.П., Никитченко Ю.А., Овчинников М.Ю., Ревизников Д.Л., Рябов П.Е., Формалев В.Ф., Ципенко А.В., Черепанов В.В., Шамолин М.В.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.125.14, д.ф.-м.н., доцент

С.А. Колесник

И.о. начальника отдела УДС МАИ
Т.А. Аникина

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.14,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)», ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 27 декабря 2019 г. № 20.

О присуждении Ковалеву Николаю Владиславовичу, гражданину РФ,
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Качественный и асимптотический анализ динамики
некоторых квазиконсервативных систем» по специальности 01.02.01 –
«Теоретическая механика» принята к защите «25» октября 2019 года,
протокол № 13, диссертационным советом Д 212.125.14 на базе
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ,
125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, приказы
Минобрнауки РФ: о создании диссертационного совета № 714/нк от
02.11.2012.

Соискатель Ковалев Николай Владиславович 1992 года рождения,
окончил в 2015 году факультет «Прикладная математика и физика»
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)» по специальности «Прикладная
математика».

В период с 2015-го по 2019 гг. являлся аспирантом Федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)».

С 2017 г. по настоящее время работает в Научно-производственном
концерне АО «РТИ» в должности старшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в Московском авиационном институте на кафедре 811 «Моделирование динамических систем». Научный руководитель – доцент кафедры 811 «Моделирование динамических систем» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кандидат физико-математических наук, Байков Александр Евгеньевич.

Официальные оппоненты:

1. Кугушев Евгений Иванович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры теоретической механики и мехатроники механико-математического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

2. Асланов Владимир Степанович, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева».

Оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», в своем положительном заключении, составленном доктором физико-математических наук, доцентом, профессором кафедры «Высшая математика», Г.М. Розенблатом, и утвержденном доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе, В.В. Ушаковым, указала, что диссертационная работа Ковалева Н.В. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне. Диссертационная работа «Качественный и асимптотический

анализ динамики некоторых квазиконсервативных систем» удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика», а ее автор, Ковалев Николай Владиславович, заслуживает присуждения ему искомой ученой степени.

На диссертацию поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию ведущей организации.

Замечания по диссертации:

1. В работе рассмотрены три задачи из области собственно теоретической механики: *задача 1* (п. 3.1, стр. 42) -одномерное движение груза на пружинах при взаимодействии с движущейся шероховатой лентой (груз в пружинах на конвейере) посредством сил сухого (кулонова) трения; *задача 2* (п. 3.2, стр. 45) - движение ящика по шероховатой горизонтальной плоскости при наличии движущейся внутри него материальной точкой на пружинках; *задача 3* (п. 4, стр. 51) - одномерное движение двух грузов на пружинах при взаимодействии с движущейся шероховатой лентой (грузы, соединенные пружинами на конвейере) посредством сил сухого (кулонова) трения. Отметим, что все эти рассмотренные в работе задачи несложно решаются обычными методами теоретической механики (методом припасовывания, в частности). Причем, их можно решить и без предположения о малости сил сухого трения (предположение о малости коэффициента сухого трения присутствует в работе при решении задачи 3, и это предположение существенно при применении автором метода усреднения).

2. *Задача 1.* Эта задача классическая и рассматривалась в большом количестве источников большим количеством авторов. Отметим некоторые из них: 1) Андронов, Витт, Хайкин. Теория колебаний. 2) Каудерер. Нелинейная механика. 3) Журавлёв, Климов. Прикладные методы в теории нелинейных колебаний. Отметим, что в статье авторов Байков, Ковалев в журнале «Нелинейная динамика», 2017, т. 13, № 4 имеется ссылка на книгу

Андронов, Витт, Хайкин. Теория колебаний, однако в тексте диссертации Ковалева такая ссылка уже отсутствует. Хотелось бы, чтобы автор указал, что нового он привнес в решение этой задачи, а также увидеть некоторый сравнительный анализ с соответствующими ссылками.

3. *Задача 2.* Без введения управления (влияющего на движение актюатора, т.е., внутренней массы на пружинке), которое обеспечивает управляемое движение (перемещение) ящика посредством сил сухого трения, эта задача теряет интерес для практического применения, а для теории она представляется тривиальной, хотя может быть использована в учебном процессе. Такие задачи управления являются актуальными и рассматривались в работах многих авторов, в частности, Черноусько, Болотника, Фигуриной, Бардина и т. д.

При решении этой задачи по теоретической механике автором диссертации делается переход к безразмерному времени. В результате такой замены частота движения внутренней массы на пружинке при «залипании» ящика становится зависящей от массы M внешнего покоящегося ящика: $\omega_0 = \sqrt{1 - m}$, $m = m/(m + M)$ (см. стр. 47 диссертации). В то же время ясно, что в реальном времени эта частота от массы M не зависит.

Задача 3. Эта задача представляет собой некоторое обобщение и усложнение *задачи 1*, хотя в принципиальном смысле её решение вполне аналогично решению *задачи 1*. Кроме того, для возможности применения методов усреднения автор вводит весьма ограничительное предположение о малости силы кулонова трения, что весьма сужает область её применения на практике.

Отзыв официального оппонента Кугушева Евгения Ивановича.

Замечания по диссертации:

Существенных недостатков в работе нет. В основном они состоят в некоторой нечеткости формулировок. Приведем примеры. В первой главе на стр. 16 дается определение функциональной независимости неавтономных интегралов по всем переменным, включая и время. Однако, при

доказательстве теоремы 2 на стр. 24 для применения теоремы об обратной функции требуется независимость по фазовым переменным (x и y). На стр. 21 при формулировке теоремы 1 надо требовать абсолютную сходимость рядов, а не простую сходимость. Во второй главе на стр. 35 не сказано, что для наличия осцилляторов гамильтонианы H_k должны иметь изолированный экстремум (максимум или минимум). Далее на стр. 37 предполагается, что частоты системы отличны от нуля, т.е. требуется также невырожденность такого экстремума - но об этом не сказано явно. В главах 3 и 4 на стр. 42 уравнение движения (3.1) системы с сухим трением неполное. Его неверно называть уравнением движения, поскольку отсутствует режим трения покоя. Хотя ниже на стр. 43 об этом говорится. То же относится и к уравнению (3.6) на стр. 46 и уравнениям (4.1) на стр. 51. На стр. 57 инвариантные торы ищутся в области задаваемой неравенством (4.13) но не рассматривается вопрос о том не выходят ли решения из этой области. При описании систем, которые изучаются в этих главах, следовало бы говорить не о ящиках на конвейере, а о точках, или тонких пластинах на подвижной прямой, или же задать высоту ящика равной нулю. Если, как показано на рисунках 3.1, 3.4, 4.1 пружины прикреплены на некоторой высоте над конвейером, то моменты, создаваемые пружинами и силами трения, теоретически могут приводить к отрыву основания от ленты конвейера.

Отзыв официального оппонента Асланова Владимира Степановича.

Замечания по диссертации:

1. В первой главе автор не указал какое-либо достаточное условие на функцию Гамильтона невозмущённой системы, когда можно ввести переменные действие-угол (пример такого условия: если функция Гамильтона имеет в точке равновесия строгий локальный минимум, то в окрестности равновесия можно ввести переменные действие-угол). Это же замечание относится остаётся во второй главе, где также не приведены

какие-либо условия на слагаемые функции Гамильтона невозмущённой системы, достаточные для введения переменных действие-угол.

2. Разработанный в первой главе метод отыскания периодических решения квазиконсервативных систем (критерий существования периодических решений) имеет тот недостаток, что в методе определяется период и начальные условия, но не само периодическое решение. Для построения периодических решений можно применить, например, классический метод Линдштедта-Пуанкаре, но тогда практическое значение метода неавтономных интегралов снижается, так как в методе Линдштедта-Пуанкаре в процессе получения периодических решений тоже определяется разложение периода и начальных условий в ряд по малому параметру.

3. В работе имеется несколько опечаток, иногда затрудняющих понимание излагаемого материала. Примеры: в формуле (2.3) неправильно указаны переменные, от которых зависят коэффициенты разложения неавтономного интеграла (далее в тексте эта ошибка исправлена); на стр. 43 уравнение движения ящика при $x' < 0$ имеет отрицательную правую часть, но из формулы (3.2) следует, что правая часть соответствующего уравнения должна быть положительной (далее в тексте эта ошибка исправлена); формула для P_1 на стр. 54 не совпадает с формулой для P_1 (4.7), хотя это одна и та же функция в тех же переменных (далее в тексте эта ошибка исправлена).

На автореферат диссертации поступил 1 отзыв.

Вычислительный центр имени А.А. Дородницына Российской академии наук Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук.

Отзыв составлен доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником, руководителем отдела механики, профессором Степановым Сергеем Яковлевичем. Отзыв положительный.

Замечания по автореферату:

1. Не приведены примеры применения теоремы о существовании периодических движений систем слабо связанных нелинейных осцилляторов.

2. Не рассмотрены резонансные случаи для системы из четвертой главы.

3. В тексте автореферата имеются технические погрешности. В данных об оппоненте Асланове В.С. вместо «заведующий кафедрой» напечатано «заведующий кафедры». На странице 9 в 11 строке снизу вместо «оценке» напечатано «оценки». На странице 9 в 10 строке снизу вместо «представляющих» напечатано «представляющие». На странице 17 на Рисунке 6 разметка по осям напечатана столь мелко, что ее практически не видно.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли наук, к которой относится диссертационная работа Ковалева Николая Владиславовича, что подтверждается наличием у них многочисленных публикаций по теме диссертации в рецензируемых изданиях за последние пять лет.

Соискатель имеет 7 опубликованных научных работ по теме диссертации, из них 2 работы опубликованы в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, входящих в список, рекомендуемый ВАК, а также 1 работа – в журнале, индексируемом в международной реферативной базе данных Scopus. Содержание данных работ в полной мере отражает содержание диссертационной работы, в которой отсутствуют некорректные и недостоверные ссылки. Большинство работ опубликованы в соавторстве, при этом вклад соискателя был определяющим, а опубликованные результаты получены либо лично соискателем, либо при его непосредственном участии.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. *Ковалев Н. В.* Прямое разложение неавтономных интегралов квазиконсервативных систем с одной степенью свободы // Журнал Средневолжского математического общества. 2016. Т. 18, № 3. С. 32–40.

2. *Байков А. Е., Ковалев Н. В.* Исследование динамики кусочно-линейного осциллятора с двумя степенями свободы // *Нелинейная динамика*, 2017, т. 13, №4, с. 533-542.

3. *Байков А. Е., Ковалев Н. В.* О зоне залипания ящика с внутренним осциллятором на горизонтальной плоскости // *Труды МАИ*, 2019, №107.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **Разработан** метод построения неавтономных интегралов квазиконсервативной системы с одной степенью свободы в виде прямого разложения в ряд по малому параметру.

- **Сформулирован и доказан** критерий существования периодических решений квазиконсервативной системы с одной степенью свободы.

- Разработанный метод построения неавтономных интегралов и критерий существования периодических решений **обоснованы** для систем линейных осцилляторов слабо связанных неконсервативными возмущениями.

- Детально **исследованы** поступательные движения ящика с внутренним осциллятором по горизонтальной плоскости: получена зона залипания, дано полное описание движений ящика до окончательного сваливания его в зону залипания.

- **Исследованы** движения кусочно-линейного осциллятора, представляющего собой два ящика на ленте конвейера, соединённые между собой и неподвижными стенками пружинами. Уравнения движения исследованы методом усреднения, выявлены зоны залипания первого и второго ящиков, построено семейство неавтономных интегралов кусочно-линейного осциллятора.

Практическая ценность результатов состоит в следующем:

1. Создание нового метода нахождения в квазиконсервативных системах периодических движений, принципиально важных для анализа

динамики. Метод основан на построении семейства неавтономных интегралов. Эффективность метода продемонстрирована в задаче об оценке числа предельных циклов одного частного случая уравнения Лянара. Последнее может служить моделью большого числа систем с нелинейной обратной связью, например, нелинейных электрических цепей.

2. Новый метод нахождения периодических решений обобщён для систем слабо связанных нелинейных осцилляторов с n степенями свободы.

3. Результаты исследования динамики кусочно-линейных осцилляторов могут быть использованы при разработке новых систем передвижения.

Достоверность результатов исследования, научных положений и выводов, содержащихся в диссертации, обуславливается: 1) строгим использованием классических концепций теоретической механики и адекватного математического аппарата, 2) применением классических аналитических и приближенно-аналитических методов исследования, 3) использованием математического пакета Maple версии 13.0 (Maple build ID 397624).

Личный вклад. Автору принадлежат формулировки и доказательства основных теоретических результатов, представленных в диссертационной работе. Также автором выполнены все аналитические и численные расчёты с использованием упомянутых в диссертационной работе методов.

Диссертация удовлетворяет всем требованиям постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней», так как является самостоятельно выполненной, завершённой научно-квалификационной работой.

На заседании 27 декабря 2019 года, протокол № 20, диссертационный совет принял решение присудить Ковалеву Николаю Владиславовичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 8 докторов наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика», участвующих в заседании; из 21 человека,

входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета
Д 212.125.14, д.ф.-м.н., профессор

П.С. Красильников

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.14, д.ф.-м.н., доцент

С.А. Колесник

27 декабря 2019 г.

И.о. начальника отдела УДС МАИ

Т.А. Анкина

